МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Силовые цепи устройств энергетической электроники

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника и микропроцессорная техника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	16	16	часов
2	Практические занятия	8	8	часов
3	Лабораторные работы	12	12	часов
4	Всего аудиторных занятий	36	36	часов
5	Самостоятельная работа	36	36	часов
6	Всего (без экзамена)	72	72	часов
7	Общая трудоемкость	72	72	часов
		2.0	2.0	З.Е.

Зачет: 3 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 36449

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 50 от «26» 4 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

Профессор Кафедра промышленной электроники (ПрЭ) _____ Г. Я. Михальченко

Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ _____ С. Г. Михальченко

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. ПрЭ _____ С. Г. Михальченко

Эксперты:

Профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ) _____ Н. С. Легостаев

Доцент кафедры промышленной электроники (ПрЭ) _____ Д. О. Пахмурин

Согласована на портале № 36449

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Изучение типовых схемотехнических и программных комплексов построения устройств энергетической электроники в различных видах деятельности (инженерной, научно–исследовательской, управленческой, и др.), а также изучение основ современных способов преобразования параметров электрической энергии.

1.2. Задачи дисциплины:

– освоение учащимися базового материала по силовой электронике (Power Electronics) на основе MOSFET и JGBT-транзисторов с прямым цифровым управлением.

– ознакомление учащихся с основными схемотехническими решениями построения драйверов и сенсорного оборудования.

– изучение способов преобразования потоков энергии и информации посредством моделирования.

– овладение навыками практической работы с силовыми полупроводниковыми и электромеханическими преобразователями.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Силовые цепи устройств энергетической электроники» (Б1.В.ОД.1.3) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Импульсно-модуляционные системы, История и методология науки и техники в области электроники, Методы математического моделирования, Полупроводниковые ключи в силовых схемах, Проектирование микропроцессорных и компьютерных систем, САПР электронных схем, Электропитание ЭВМ.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;

– ПК-4 способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;

– ПК-7 готовностью определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ;

– ПК-8 способностью проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей; источники стандартов в областях электробезопастности и коммуникационных протоколов; современные базовые технологии прямого цифрового управления.

– **уметь** производить расчеты параметров полупроводниковых приборов и электромагнитного оборудования силовых цепей, проводить имитационное моделирование на современных САПР типа «Spice»; производить настройку программного обеспечения верхнего уровня.

– **владеть** современными и инструментальными средствами для решения практических и общенаучных задач в своей профессиональной деятельности и для организации выполнения распределенных задач коллектива.

Согласована на портале № 36449

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	36	36
Лекции	*16*	*16*
Практические занятия	*8*	*8*
Лабораторные работы	*12*	*12*
Самостоятельная работа (всего)	36	36
Оформление отчетов по лабораторным работам	*16*	*16*
Проработка лекционного материала	*8*	*8*
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	*12*	*12*
Всего (без экзамена)	72	72
Общая трудоемкость, ч	72	72
Зачетные Единицы	2.0	2.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Интеллектуальная силовая электроника	4	2	2	8	16	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
2 Силовые цепи управления электроприводами на основе двигателей переменного тока	4	2	4	10	20	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
3 Современные системы управления электроприводами переменного тока	4	2	2	8	16	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
4 Энергосберегающие технологи в инженерных сетях	4	2	4	10	20	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
Итого за семестр	16	8	12	36	72	
Итого	16	8	12	36	72	

Согласована на портале № 36449

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Интеллектуальная силовая электроника	Интеллектуальная силовая электроника. Мягкая и жесткая коммутация полупроводниковых приборов.	2	ПК-4, ПК-1, ПК-7, ПК-8
	Технология управления устройствами промышленной электроники, обеспечивающая мягкую коммутацию.	2	
	Итого	4	
2 Силовые цепи управления электроприводами на основе двигателей переменного тока	Регулирование частоты вращения электроприводов переменного тока. Преобразователи частоты в электроприводах.	2	ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-1
	Двойная модуляция электрической энергии. Преобразователи альтернативной энергетики.	2	
	Итого	4	
3 Современные системы управления электроприводами переменного тока	Драйверы и сенсорные средства. Прямое цифровое управление устройствами силовой электроники.	2	ПК-1, ПК-4, ПК-8, ПК-7
	Микроконтроллеры смешанного сигнала (DSP-процессоры Intel, Texas Instruments, Analog Devices, Motorolla и др.). Итоги изучения курса.	2	
	Итого	4	
4 Энергосберегающие технологи в инженерных сетях	Технологии перекачки жидких энергоносителей. Энергосбережение в инженерных сетях коммунального хозяйства.	2	ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-1
	Электрические и тепловые сети. Водоснабжение и водоотведение.	2	
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин			
	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				
1 Импульсно-модуляционные системы	+	+	+	
2 История и методология науки и техники в	+		+	+

Согласована на портале № 36449

области электроники				
3 Методы математического моделирования	+	+	+	+
4 Полупроводниковые ключи в силовых схемах	+	+	+	+
5 Проектирование микропроцессорных и компьютерных систем	+	+	+	+
6 САПР электронных схем	+	+	+	+
7 Электропитание ЭВМ	+			
Последующие дисциплины				
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест
ПК-4	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест
ПК-7	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест
ПК-8	+	+	+	+	Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Интеллектуальная силовая электроника	Микропроцессорная система управления электроприводами.	2	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
	Итого	2	
2 Силовые цепи управления	Преобразователи частоты для управления двигателями переменного тока.	2	ПК-1, ПК-4,

Согласована на портале № 36449

электроприводами на основе двигателей переменного тока	Исследование характеристик электропривода с вентильным двигателем.	2	ПК-7, ПК-8
	Итого	4	
3 Современные системы управления электроприводами переменного тока	Исследование характеристик электропривода с асинхронным двигателем.	2	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
	Итого	2	
4 Энергосберегающие технологи в инженерных сетях	Исследование характеристик электропривода с двигателем постоянного тока.	2	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
	Имитационное моделирование системы: преобразователь частоты - электрическая машина.	2	
	Итого	4	
Итого за семестр		12	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Интеллектуальная силовая электроника	Расчет параметров силовых цепей и выбор полупроводниковых приборов.	2	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
	Итого	2	
2 Силовые цепи управления электроприводами на основе двигателей переменного тока	Расчет потерь в полупроводниковых приборах преобразователей электрической энергии.	2	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
	Итого	2	
3 Современные системы управления электроприводами переменного тока	Расчет параметров драйверов силовых приборов.	2	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
	Итого	2	
4 Энергосберегающие технологи в инженерных сетях	Подготовка математических моделей силовых преобразователей для имитационного моделирования.	2	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Согласована на портале № 36449

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Интеллектуальная силовая электроника	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	8		
2 Силовые цепи управления электроприводами на основе двигателей переменного тока	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	10		
3 Современные системы управления электроприводами переменного тока	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-1	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	8		
4 Энергосберегающие технологи в инженерных сетях	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-1, ПК-4, ПК-7, ПК-8	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	10		
Итого за семестр		36		
Итого		36		

Согласована на портале № 36449

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Опрос на занятиях	7	7	7	21
Отчет по лабораторной работе	8	8	8	24
Расчетная работа	10	10	11	31
Тест	8	8	8	24
Итого максимум за период	33	33	34	100
Нарастающим итогом	33	66	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Энергетическая электроника: Учебное пособие / Семенов В. Д., Коновалов Б. И., Кобзев

Согласована на портале № 36449

А. В. - 2010. 164 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/810 (дата обращения: 02.07.2018).

2. Иванчура, В. И. Быстродействующие импульсные стабилизаторы напряжения [Электронный ресурс] : монография / В. И. Иванчура, Д. В. Капулин, Ю. В. Краснобаев. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 172 с. - ISBN 978-5-7638-2317-2. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=441448 (дата обращения: 02.07.2018).

3. Электротехника и электроника: Учебник. В 2 томах. Том 1: Электротехника / А.Л. Марченко, Ю.Ф. Опадчий - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 574 с.: 60x90 1/16. ISBN 978-5-16-009061-0. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=420583 (дата обращения: 02.07.2018).

4. Современные проблемы электроэнергетики: Учебное пособие / Ушаков В.Я. - Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2014. - 447 с.: ISBN 978-5-4387-0521-5. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=701886 (дата обращения: 02.07.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Дякин А.С., Семенов В.Д. Импульсно-модуляционные системы: Учебное пособие. Изд. 2-е, испр. и доп. — Томск: Томский государственный университет си-стем управления и радиоэлектроники, 2015. — 193 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/svd/ims.rar (дата обращения: 02.07.2018).

2. Мишуров, Владимир Сергеевич. Энергетическая электроника : методические указания и примеры выполнения курсового проекта / В. С. Мишуров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 148 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 43 экз.)

3. Коновалов, Борис Игоревич. Электропитание ЭВМ : учебное пособие / Б. И. Коновалов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 177 с. : ил. - Библиогр.: с. 176-177. - 58.34 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 82 экз.)

4. Воронин, Павел Анатольевич. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение / П. А. Воронин. - 2-е изд. - М. : ДОДЭКА-XXI, 2005. - 380[4] с. : ил. - Библиогр.: с. 374-379. - ISBN 5-94120-087-0 : 143.08 р. (наличие в библиотеке ТУСУР - 16 экз.)

5. Саликаев, Ю. Р. Математические модели и САПР электронных приборов и устройств. Конспект лекций : учебное пособие / Ю. Р. Саликаев ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск : ТУСУР, 2007. - 165 с. : ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 97 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Коновалов Б.И., Мишуров В.С., Миллер А.В. Энергетическая электроника: Руководство к организации лабораторных и практических работ / Томск. гос. ун-т сист. упр. и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники – Томск: ТУСУР, 2012. – 388 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/new/lab/ee/1.doc (дата обращения: 02.07.2018).

2. Электропитание ЭВМ: Руководство к организации самостоятельной работы и проведению практических занятий для студентов направления 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» / Коновалов Б. И., Мишуров В. С. - 2015. 89 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5781 (дата обращения: 02.07.2018).

3. Энергетическая электроника: Учебно-методическое пособие / Семенов В. Д., Мишуров В. С. - 2007. 174 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/812 (дата обращения: 02.07.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся

Согласована на портале № 36449

из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы ТУСУР: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU https://elibrary.ru
3. Институт инженеров электротехники и электроники (Institute of Electrical and Electronics Engineers), Xplore Digital Library: https://ieeexplore.ieee.org
4. Базы данных производителей современных электронных компонентов:
5. http://www.microchip.com
6. https://www.nxp.com
7. https://www.freescale.com
8. https://www.silabs.com
9. https://www.st.com
10. http://www.ti.com
11. Linear Technology. Система проектирования и расчета электронных схем LTSpice / Свободно распространяемый программный продукт (Freeware): http://ltspice.linear-tech.com/software/LTspiceIV.exe

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория импульсных систем и преобразовательной техники / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 320 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Персональные компьютеры (15 шт.);
- Цифровой осциллограф DSO 3062A (10 шт.);
- Осциллограф АСК 1021 (6 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT;
- Учебный лабораторный комплекс «Силовая электроника»;
- Лабораторные стенды: "Для исследования однофазных выпрямителей и фильтров" (3 шт.), "Для исследования звена повышенной частоты" (3 шт.), "Для исследования инвертора напряжения" (13 шт.), "Для исследования инвертора тока" (3 шт.), "Для исследования НПН" (13 шт.), "Для

Согласована на портале № 36449

исследования источников питания" (13 шт.), "Для исследования трехфазных выпрямителей" (3 шт.), "Для исследования УЭЭ с импульсной модуляцией" (13 шт.);

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- ASIMEC
- AVR Code Vision 3.31Evaluation
- Far Manager
- Google Chrome
- LTspice 4
- LibreOffice
- Mathworks Matlab
- Mozilla Firefox
- PTC Mathcad13, 14
- STDU viewer 1.6.375
- Windows XP

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория импульсных систем и преобразовательной техники / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 320 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Персональные компьютеры (15 шт.);
- Цифровой осциллограф DSO 3062A (10 шт.);
- Осциллограф АСК 1021 (6 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT;
- Учебный лабораторный комплекс «Силовая электроника»;
- Лабораторные стенды: "Для исследования однофазных выпрямителей и фильтров" (3 шт.), "Для исследования звена повышенной частоты" (3 шт.), "Для исследования инвертора напряжения" (13 шт.), "Для исследования инвертора тока" (3 шт.), "Для исследования НПН" (13 шт.), "Для исследования источников питания" (13 шт.), "Для исследования трехфазных выпрямителей" (3 шт.), "Для исследования УЭЭ с импульсной модуляцией" (13 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- ASIMEC
- AVR Code Vision 3.31Evaluation
- Far Manager
- Google Chrome
- LTspice 4
- LibreOffice
- Mathworks Matlab
- Mozilla Firefox
- PTC Mathcad13, 14
- STDU viewer 1.6.375
- Windows XP

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

Согласована на портале № 36449

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Что является структурным элементом формата любой команды МПС?
   1) Регистр;
   2) Адрес ячейки;
   3) Операнд;
   4) Код операции (КОП).

2. Широтно-импульсная модуляция, это…
   1) изменение фазы сигнала с помощью модулируемого сигнала;
   2) изменение амплитуды сигнала с помощью модулируемого сигнала;
   3) изменение ширины импульса с помощью обратной связи;
   4) изменение частоты с помощью амплитуды сигнала.

3. Англоязычная аббревиатура ZCS обозначает
   1) Мягкая коммутация с переключением транзистора при нулевом токе
   2) Мягкая коммутация с переключением транзистора при нулевом напряжении

Согласована на портале № 36449

3) Мягкая коммутация с переключением транзистора при нулевой мощности.

4. Возможна ли ситуация, когда на одном периоде ШИМ существует два изменяющихся фронта импульса?

1) Да
2) Нет
3) Только при изменении частоты
4) Только при изменении амплитуды

5. Соотношение между коэффициентами передачи тока эмиттера «KIe» и коэффициент передачи тока базы «KIb» для схемы транзистора с «ОБ»

1) 1-KIe=KIb/(1+KIb)
2) KIb*KIe=KIb/(1+KIb)
3) KIb= KIe /(1- KIe)
4) KIb=KIe/(1+KIe)
5) KIe=KIb/(1+KIb)

6. Среднеквадратическое значение выпрямленного напряжения двухполупириодным выпрямителем равно:

1) среднеквадратическому значению входного переменного напряжения;
2) половине среднеквадратического значения входного переменного напряжения;
3) удвоенному среднеквадратическому значению входного переменного напряжения;
4) половине среднеквадратического значения выходного напряжения.

7. Крутизна вольт-амперной характеристики является основным параметром:

1) биполярного транзистора;
2) диода;
3) полевого транзистора;
4) катушки индуктивности.

8. Компаратор служит для определения

1) Моментов равенства двух напряжений
2) Степени запаздывания одного сигнала относительно другого
3) Разности двух напряжений
4) Суммирования двух сигналов

9. Цифровые и аналоговые инверторы это устройства изменяющие фазу напряжения на:

1) 90 градусов;
2) 180 градусов;
3) 270 градусов;
4) 45 градусов.

10. Мостовой выпрямитель является:

1) двухполупериодным;
2) однополупериодным;
3) выпрямителем с удвоением напряжения;
4) цифровым устройством.

11. Скважностью называют:

1) отношение периода импульса к длительности импульса;
2) отношение длительности импульса к периоду;
3) отношение периода импульса к длительности паузы;
4) отношение длительности импульса к длительности паузы.

12. В какой из трех схем включения (ОБ, ОЭ, ОК) биполярный транзистор обладает наибольшим коэффициентом усиления по мощности?

1) ОК
2) ОБ
3) ОЭ

Согласована на портале № 36449

4) ОЭ и ОК одинаково
5) ОЭ и ОБ одинаково

13. Ослабление сигнала на не резонансных частотах резонансного усилителя зависит от:
1) коэффициента усиления;
2) добротности резонансного контура;
3) выходного сопротивления;
4) входного сопротивления.

14. Силовые преобразовательные инверторы это устройства:
1) преобразования переменного напряжения в постоянное;
2) преобразования импульсного напряжения в постоянное;
3) преобразования постоянного напряжения в переменное;
4) преобразования импульсного напряжения в переменное.

15. Коэффициент гармоник это:
1) отношение действующего значения высших гармоник к действующему значению основной гармоники;
2) отношение максимального к действующему значению;
3) отношение действующего значения основной гармоники к действующему значению всей кривой;
4) отношение действующего к среднему по модулю значению.

16. В зависимости от характера коммутируемого сигнала электронные ключи разделяют на
1) цифровые;
2) импульсные;
3) аналоговые;
4) усилительные.

17. Отрицательная обратная связь в усилителях используется с целью…
1) повышения стабильности усилителя;
2) повышения коэффициента усилителя;
3) повышения размеров усилителя;
4) снижения напряжения питания.

18. Бифуркационным называется явление, при изменении параметров системы происходит
- количественное изменение выходных значений сигнала по амплитуде;
- количественное изменение выходных значений сигнала по фазе;
- качественное изменение выходного сигнала по форме (топологии);
- изменение будущего состояния сигнала в зависимости от изменения его в прошлом.

19. Амплитудная модуляция это ...
1) изменение фазы сигнала с помощью модулируемого сигнала;
2) изменение амплитуды сигнала с помощью модулируемого сигнала;
3) изменение амплитуды с помощью частоты сигнала;
4) изменение частоты с помощью амплитуды сигнала.

20. Какую функцию выполняет диодный мост в источниках питания?
1) Сглаживание;
2) Стабилизация;
3) Выпрямление;
4) Понижение.

14.1.2. Темы расчетных работ

1. Функции, выполняемые общепромышленным электроприводом и его обобщенные функциональные схемы.

2. Характеристики электромеханического преобразователя энергии и его математическое описание в двигательном и тормозном режимах.

3. Обобщенная электрическая машина как основной компонент электропривода.

Согласована на портале № 36449

4. Электромеханические свойства электродвигателей: постоянного тока, асинхронных, синхронных, гистерезисных, шаговых.

5. Механические устройства. Нагрузка двигателя.

6. Математические модели и структурные схемы электромеханических систем с электродвигателями разных типов.

7. Установившиеся режимы работы электропривода.

8. Построение моделей с использованием компьютерных технологий.

9. Переходные процессы в электроприводах. Линейные и нелинейные системы, передаточные функции и переходные характеристики электропривода.

10. Регулирование координат электропривода.

11. Характеристика систем электроприводов: управляемый преобразователь-двигатель постоянного тока, преобразователь частоты – асинхронный двигатель, преобразователь частоты – синхронный двигатель.

12. Следящие электроприводы.

13. Многодвигательные электромеханические системы.

14. Выбор типа и мощности электродвигателя, обоснование структуры, типа и мощности преобразователя.

15. Основные функциональные и структурные схемы автоматического управления электроприводом.

16. Типовые функциональные схемы и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск, стабилизацию скорости, реверс и останов электродвигателей.

17. Системы с контактными и бесконтактными элементами. Принципы выбора элементной базы.

18. Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводом (САУ).

19. Методы анализа и синтеза замкнутых, линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных САУ.

20. Системы управления электроприводами постоянного и переменного тока.

21. Типовые структуры систем управления асинхронными и синхронными двигателями.

22. Особенности построения систем управления асинхронными и синхронными двигателями.

23. Особенности построения систем управления электроприводов с тиристорными преобразователями.

24. Управление электроприводами при наличии редуктора и упругой связи двигателя с механизмом.

25. Цифровые САУ. Электроприводы в робототехнических комплексах и гибких автоматизированных производствах.

26. Применение микропроцессоров и микроЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов и транспортных средств.

27. Надежность и техническая диагностика электроприводов

28. Научные основы и принципы работы наиболее распространенных комплектных узлов электрооборудования.

29. Преобразователи напряжения, в том числе: генераторы и электромашинные преобразователи.

30. Управляемые вентильные преобразователи постоянного и переменного тока в постоянный.

31. Инверторы и непосредственные преобразователи частоты.

32. Основные принципы построения систем и комплектных узлов общепромышленного электрооборудования и электрооборудования подвижных объектов.

33. Контакторно-резисторные и электронные узлы систем управления электроприводами и их особенности.

34. Элементная база силовых цепей электрооборудования (контакторы, резисторы, силовые полупроводниковые приборы).

Согласована на портале № 36449

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Интеллектуальная силовая электроника. Мягкая и жесткая коммутация полупроводниковых приборов.

Технология управления устройствами промышленной электроники, обеспечивающая мягкую коммутацию.

Регулирование частоты вращения электроприводов переменного тока. Преобразователи частоты в электроприводах.

Двойная модуляция электрической энергии. Преобразователи альтернативной энергетики.

Драйверы и сенсорные средства. Прямое цифровое управление устройствами силовой электроники.

Микроконтроллеры смешанного сигнала (DSP-процессоры Intel, Texas Instruments, Analog Devices, Motorolla и др.). Итоги изучения курса.

Технологии перекачки жидких энергоносителей. Энергосбережение в инженерных сетях коммунального хозяйства.

Электрические и тепловые сети. Водоснабжение и водоотведение.

14.1.4. Темы лабораторных работ

Микропроцессорная система управления электроприводами.

Преобразователи частоты для управления двигателями переменного тока.

Исследование характеристик электропривода с вентильным двигателем.

Исследование характеристик электропривода с асинхронным двигателем.

Исследование характеристик электропривода с двигателем постоянного тока.

Имитационное моделирование системы: преобразователь частоты - электрическая машина.

14.1.5. Зачёт

• Опишите варианты реализации транзисторного ключа двусторонней проводимости: свойства, схемы включения, методика расчета.

• Когда нужны в схеме инвертора обратные диоды. На какое напряжение и на какой средний ток они выбираются?

• Сравните использование источников постоянного тока и источников постоянного напряжения: свойства, применение, методика расчета.

• Почему параллельный инвертор тока нормально работает только в определенном диапазоне коэффициента нагрузки?

• Приведите пример транзисторного варианта инвертора тока.

• Ключи коммутаторы аналоговых сигналов – особенности применения в аналоговых схемах управления преобразователем.

• Как влияет на регулировочные характеристики сопротивление активных внутренних потерь?

• Покажите цепь протекания тока нагрузки в регуляторе переменного напряжения в режиме вольтодобавки (вольтоотбавки)?

• Опишите типовые схемы усилительных каскадов, их режимы работы.

• Какие схемы инверторов вы знаете?

• Чем определяется амплитуда и длительность сквозного тока в схеме инвертора с нагрузкой переменного тока и с выпрямительной нагрузкой?

• В каких случаях возникает процесс энергообмена нагрузки с питающей сетью, и при каких условиях он возможен?

• Драйверы для управления полевым транзистором – особенности применения, частотные и мощностные характеристики.

• Приведите пример реализации трехфазного тиристорного инвертора тока.

• В чем заключается особенность работы 3–фазного автономного инвертора, при работе его на активно-индуктивную нагрузку?

• Драйверы для управления биполярным транзистором – особенности применения, частотные и мощностные характеристики.

• У какого из 3–фазных автономных инверторов при отсутствии выходных фильтров наименьшие искажения выходного напряжения?

• Схемотехника компараторов, особенности применения в системах управления.

Согласована на портале № 36449

• Микроконтроллеры. Назначение, исходя из классификации по функциональному признаку.

• Какие особенности вносит в работу автономного инвертора тока обратный управляемый выпрямитель по сравнению с неуправляемы выпрямителем?

• В чем заключается особенность регулируемого однотактного инвертора, при работе на трансформаторную нагрузку?

• Драйверы для одноключевых и полумостовых преобразователей – какие функции выполняют, возможности схемной реализации.

• Как выглядит нагрузочная характеристика источника питания на базе регулируемого инвертора.

• Как можно изменить точность поддержания выходного напряжения при воздействии дестабилизирующих факторов.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

Согласована на портале № 36449

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 36449